Vol.12, No.2, Summer 2023, pp.267-283 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI:10.22067/geoeh.2022.73710.1249 Open access

Potential Assessment of Vulnerable Areas Against Natural Hazards (Case Study: Roodehen City)

Amir Saffari[a], Sara kiani[b], AmirAli Abbaszadeh[c*]

[a]*Associate Professor in Geomorphology, University of Kharazmi, Tehran, Iran*
[b]*Assistant Professor in Earth Sciences and Natural Resources, University of Kharazmi, Tehran, Iran*
[c] *PhD Candidate in Geomorphology, University of Kharazmi, Tehran, Iran*

Received: 7 August 2022 ***Revised: 16 October 2022*** ***Accepted: 22 October 2022***

Abstract

Environmental hazards invariably lead to significant human and financial repercussions, underscoring the crucial need to thoroughly investigate and recognize hazardous areas. Recognizing the importance of this matter, this study focuses on identifying regions susceptible to natural hazards within Roodehen's urban area. To achieve the objectives, a variety of data sources, including a digital model with a 30-meter height resolution, a geological map at a scale of 1:100,000, a topographic map at a scale of 1:50,000, and additional information layers were harnessed as primary research tools. The research method integrated multiple analytical tools, incorporating a digital model with a 30-meter height resolution, a geological map at a scale of 1:100,000, a topographic map at a scale of 1:50,000, and various information layers. ArcGIS software served as a pivotal component in data analysis, bolstered by the fuzzy logic model and the ANP model. The approach encompassed a multi-step process commencing with the utilization of the integrated fuzzy logic and ANP model, driven by diverse parameters, to pinpoint areas susceptible to flood hazards, amplitude movements, and earthquake vulnerability. Consequently, a comprehensive hazard map of Roodehen's urban area was formulated based on the obtained outcomes. The study underscores Roodehen's urban area as being at a heightened risk of natural hazards. Particularly, the western and northern regions exhibit elevated vulnerability due to their proximity to fault lines, earthquake centers, and steep slopes, making them susceptible to slope movements and earthquake hazards. Conversely, the central parts of the region, situated in close proximity to the river with low slopes and altitude, face a higher risk of flooding, and demonstrate significant earthquake vulnerability.

Keywords: Natural Hazard, Flood, Slope Movements, Earthquake, Roodehen

---

* Corresponding author: AmirAli Abbaszadeh E-mail: amirali.abbaszadeh@yahoo.com Tel: +989158341252

How to cite this Article: Saffari, A., kiani, S., & abbaszadeh, A. (2023). Potential assessment of vulnerable areas against natural hazards (Case study: Roodehen city). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *12*(2), 267-283.
DOI:10.22067/geoeh.2022.73710.1249

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)
Geography and Environmental Hazards
Volume 12, Issue 2 - Number 46, Summer 2023
https://geoeh.um.ac.ir
https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.73710.1249

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شمارۀ چهل و ششم، تابستان ۱۴۰۲، صص ۲۸۳-۲۶۷

مقاله پژوهشی

پتانسیل‌سنجی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: شهر رودهن)

امیر صفاری- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه خوارزمی، تهران،ایران
سارا کیانی-استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه خوارزمی، تهران،ایران.
امیرعلی عباس‌زاده[1]- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران،ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۱۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۷/۲۴ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۷/۳۰

چکیده

مخاطرات محیطی همواره با خسارات جانی و مالی زیادی همراه هستند و همین مسئله سبب شده است تا بررسی مخاطرات و شناسایی مناطق مخاطره‌آفرین دارای اهمیت زیادی باشد. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به شناسایی مناطق مستعد وقوع مخاطرات طبیعی در محدوده شهری رودهن پرداخته شده است. در این پژوهش به‌منظور دستیابی به اهداف مورد نظر از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه و همچنین لایه‌های اطلاعاتی مختلف (لایه کانون‌های زمین‌لرزه، کاربری اراضی، خطوط ارتباط و خطوط گسلی) به‌عنوان اطلاعات تحقیق استفاده شده است. ابزار اصلی تحقیق شامل نرم‌افزار ArcGIS 10.2 و مدل‌های مورداستفاده در تحقیق نیز شامل مدل منطق‌ـفازی و مدل ANP بوده است. روش کار به این صورت بوده است که ابتدا بر اساس پارامترهای مختلف و مدل تلفیقی منطق فازی و ANP، مناطق مستعد وقوع مخاطره سیلاب و حرکات دامنه‌ای و همچنین مناطق آسیب‌پذیر در برابر زمین‌لرزه شناسایی شده است و در ادامه بر مبنای نتایج حاصله، نقشه مخاطرات محدوده شهری رودهن تهیه شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است که شهر رودهن پتانسیل بالایی جهت وقوع مخاطرات طبیعی دارد و به‌صورت کلی بخش‌های غربی و شمالی شهر

---

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۸۳۴۱۲۵۲ Email: amirali.abbaszadeh@yahoo.com

نحوه ارجاع به این مقاله:

صفاری، امیر؛ کیانی، سارا؛ عباس زاده، امیرعلی؛ ۱۴۰۲. پتانسیل‌سنجی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: شهر رودهن). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۲(۲). صص ۲۸۳-۲۶۷

https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.73710.1249

رودهن به دلیل نزدیکی به خطوط گسلی، کانون‌های زلزله و شیب زیاد، مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای و همچنین دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالا در برابر زمین‌لرزه هستند. بخش‌های میانی منطقه به دلیل نزدیکی به رودخانه، ارتفاع و شیب کم مستعد وقوع سیلاب هستند، همچنین این مناطق نیز پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی در برابر زمین‌لرزه دارند.

کلیدواژه‌ها: مخاطرات طبیعی، سیلاب، حرکات دامنه‌ای، زمین‌لرزه، رودهن.

۱-مقدمه

توسعه فیزیکی و گاهی بدون برنامه شهرها تحت تأثیر روند افزایشی جمعیت سبب شده است تا بسیاری از مناطق شهری با مسائل و مشکلات زیادی ازجمله مخاطرات طبیعی همراه باشند (امینی‌ورکی و همکاران، ۱۳۹۳؛ سوریانو[1] و همکاران، ۲۰۲۰). در بسیاری از موارد، مخاطرات شهری با خسارات جانی و مالی زیادی همراه هستند (گنجائیان، ۱۳۹۹) که این مسئله می‌تواند روند توسعه شهرها و جوامع را متوقف کند (پلینگ[2]، ۲۰۰۳؛ قائدرحمتی و همکاران، ۱۳۹۲). مخاطرات طبیعی را می‌توان به انواع مختلف مخاطرات درونی (مانند زمین‌لرزه) و بیرونی (مانند سیلاب و حرکات دامنه‌ای) تقسیم کرد (رنجبر و بیات، ۱۳۸۹). نتایج مطالعات انجام شده در مورد مخاطرات طبیعی نشان داده است که این مخاطرات دارای روند افزایشی هستند (دینتوا[3] و همکاران، ۲۰۱۹) و میلیون‌ها نفر از مردم در سراسر دنیا در معرض آن قرار دارند (برونفمان[4] و همکاران، ۲۰۱۹). اهمیت مخاطرات و آثار ناشی از آن سبب شده است تا در طی سال‌های اخیر مطالعات زیادی در این مورد صورت گیرد و راهکارها و پیشنهادهای زیادی برای جلوگیری و کنترل آن ارائه شود و این راهکارها و پیشنهاد تا حد زیادی نیز موفقیت‌آمیز بوده است (کاویانی‌راد، ۱۳۸۹).

شهرهای مختلف با توجه به وضعیت ژئومورفولوژی، هیدرواقلیمی و زمین‌شناسی که دارند، مستعد وقوع انواع مخاطرات طبیعی هستند. یکی از شهرهایی که در معرض مخاطرات طبیعی قرار دارد، شهر رودهن در شمال استان تهران و دامنه‌های جنوبی البرز است. قرار گرفتن این شهر در دامنه‌های جنوبی البرز و توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق پرشیب سبب شده است تا بخش‌هایی از این شهر در معرض مخاطره حرکات دامنه‌ای باشد و همین مسئله سبب وارد آمدن خساراتی به این نواحی سکونتگاهی شده است که ازجمله آن‌ها می‌توان به حرکات دامنه‌ای رخ داده در فروردین سال ۱۳۹۸ اشاره کرد که سبب تخریب چند واحد مسکونی شد. به‌علاوه، قرار گرفتن شهر رودهن در مجاور گسل‌های اصلی ازجمله گسل مشا، گسل شمال تهران و گسل البرز سبب شده است تا این شهر در

1 Soriano
2 Pelling
3 Dintwa
4 Bronfman

معرض مخاطره ناشـــی از زمین‌لرزه نیز باشـد؛ به‌طوری‌که در طی یک سـال اخیر نیز دو زمین‌لرزه با بزرگی ۵/۱ (در اردیبهشت ۹۹) و ٤ ریشتری (در آذر ۹۹) در مجاور این شهر رخ داده است. همچنین با توجه به اینکه رودخانه اصلی این شهر از دامنه‌های البرز سرچشمه می‌گیرد و این منطقه دارای بارش و دبی قابل‌توجهی است، بنابراین این شهر در معرض مخاطره سـیلاب نیز قرار دارد. با توجه به اهمیت موضـوع، در این پژوهش به بررسـی مناطق آسـیب‌پذیر در برابر مخاطرات حرکات دامنه‌ای، سیلاب و زمین‌لرزه پرداخته شده است.

در مورد مخاطرات طبیعی مناطق شــهری، تحقیقات مختلفی در سـطح ایران و جهان صــورت گرفته اســت که ازجمله آن‌ها می‌توان به تانگ و وان[1] (۲۰۰۹) اشـاره کرد که به بررسـی مخاطره زمین‌لرزه در شـهر دیانگ در کشـور چین پرداختند. در این تحقیق از مدل شـبیه‌سـازی هوشـمند اسـتفاده شـده اسـت. نتایج تحقیق بیانگر کارایی این مدل است. بدناریک[2] و همکاران (۲۰۱۰) به ارزیابی حساسیت زمین‌لغزش در منطقه کارل اونری در اسلواکی پرداختند. در این تحقیق از توزیع دومتغیره آماری اسـتفاده شـده اسـت. بر اسـاس نتایج حاصـله، منطقه موردمطالعه دارای پتانسـیل بالایی از نظر وقوع زمین‌لغرش اسـت. میا[3] و همکاران (۲۰۱٦) به بررسـی عوامل مؤثر در ایجاد زمین‌لغزش‌های منطقه و تأثیر آن بر مســائل اجتماعی، اقتصــادی مردم محلی در منطقه چیتاگونگ بنگلادش پرداخته‌اند. این تحقیق بر مبنای کارهای میدانی و تحلیل داده‌ها صـورت گرفته اسـت. نتایج این تحقیق نشـان می‌دهد که علت اصـلی زمین‌لغزش در منطقه به ترتیب ایجاد ترانشـه و زیرشـویی، وجود سـاختمان ضـعیف خاک و تغییرات کاربری اراضـی اسـت. کیانگ[4] و همکاران (۲۰۱۷) تغییرات جمعیتی شـــهرهای امریکا در نواحی ســیل‌خیز را در طی ســال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ مورد ارزیابی قرار داده‌اند. در این تحقیق از روش‌های آماری اسـتفاده شـده اسـت. نتایج تحقیق بیانگر این اسـت که در سال ۲۰۱۱ حدود ۲۳/۵ میلیون نفر از مردم در معرض خطر سیلاب قرار داشته است که در این میان، شهرهای نیویورک و میامی نسبت به سایر شهرها، توسعه بیش‌تری به سمت مناطق سیل‌خیز داشته‌اند. دوزینسکی[5] و همکاران (۲۰۱۷) به ارزیابی مخاطره زمین‌لغزش‌ها در جنوب غربی لهستان پرداختند. نتایج با استفاده از کاوش‌های ژئوفیزیکی و با استفاده از روش‌های مقاومت الکتریکی تأیید می‌کند که حضـور لایه‌های فوقانی از لایه ماسه‌سـنگی اسـت که موجب می‌شـود تا ضـخامت لبه‌ها و قطر مقاومت در عمق ۵ تا ۱۵ متر به‌عنوان مرزهای پایه‌ای از مواد لغزشـی تفسـیر شـود. بورنان[6] و همکـاران (۲۰۱۹) بـه ارزیـابی مخـاطره ســـیـل در شـــهر کنســـتـانتین[7] الجزایر پرداختنـد. در این تحقیق از روش هیدروژئومورفولوژیکی برای نقشـه برداری از خطر سـ یلاب در ناحیه شـهری کنسـتانتین بر اسـاس تفسـ یر و تحلیل

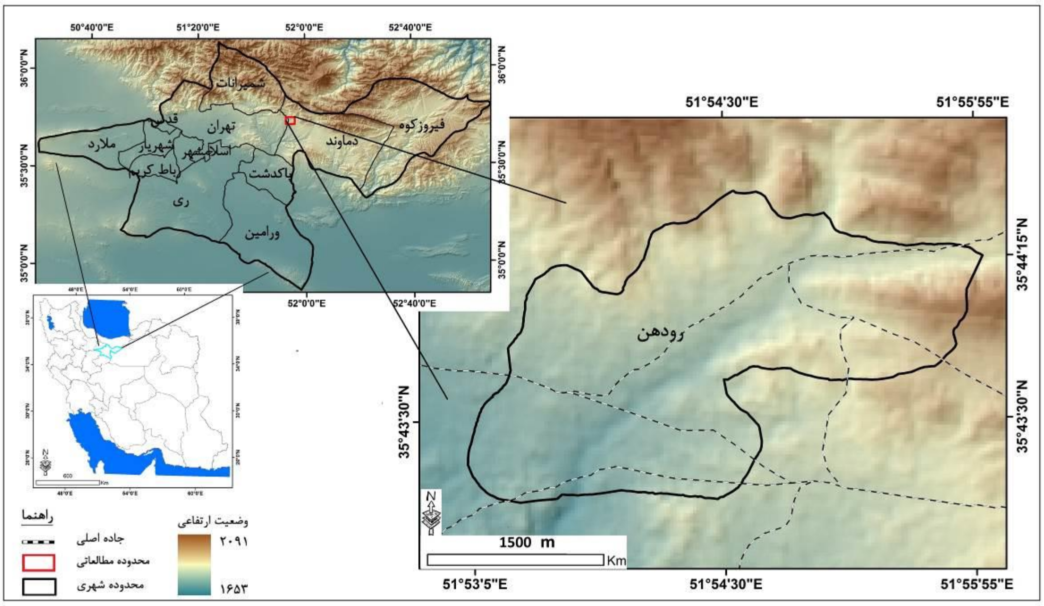
1 Tang & wan
2 Bednarik et al
3 Mia
4 Qiang
5 Duszynski
6 Bourenane
7 Constantine

ژئومورفولوژی سیلاب استفاده شده است و درنهایت نقشه نواحی در معرض مخاطره سیلاب تهیه شده است که می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های آتی برای این شهر مورد استفاده قرار گیرد. در ایران نیز صفاری و هاشمی (۱۳۹۵) به پهنه‌بندی حسلسیت وقوع زمین‌لغزش با مدل‌های آنتروپی و منطق فازی در شهرستان کرمانشاه پرداختند. نتایج تحقیق نشان داده است که مدل فازی با مقدار شاخص احتمال تجربی ۹۰ ٪ روش کارآمدتری نسبت به مدل آنتروپی با مقدار شاخص ۵۰ ٪ در برآورد خطر زمین‌لغزش در شهرستان کرمانشاه است. بهاروند و همکاران (۱۳۹۶) به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش ترکیب خطی وزن‌دار در حوضه ده سفید پرداختند. نتایج این تحقیق بیانگر این که حدود ۳/۷ درصد از منطقه در پهنه خیلی زیاد وقوع زمین‌لغزش قرار دارد. ساسان‌پور و همکاران (۱۳۹۶) به ارزیابی تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات محیطی در منطقه ۱۲ کلانشهر تهران پرداختند. نتایج تحقیق بیانگر این است که مطلوبیت تاب‌آوری شهری این منطقه در برابر مخاطرات طبیعی با توجه به کلیه ابعاد و مولفه‌ها بسیار ضعیف بوده و بنابراین این منطقه تاب‌آور و پایدار نیست. کرمی و امیریان (۱۳۹۷) به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهری ناشی از زلزله در شهر تبریز پرداختند. نتایج این نشان داده است که مناطق ۱۰ و ۱ به ترتیب دارای بدترین شرایط هستند و پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی در برابر زلزله دارند. تیموری و اسدی نلیوان (۱۳۹۸) به شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش در لرستان با استفاده از روش حداکثر آنتروپی و مدل MaxEnt پرداختند. نتایج تحقیق نشان داده است که ۵/۳۵ درصد از مساحت استان لرستان، دارای حساسیت وقوع زمین‌لغزش است. محمودزاده و موسی‌زاده (۱۳۹۹) به ارزیابی مکان‌گزینی مسیرهای مترو کلان شهر تبریز نسبت به مخاطرات طبیعی با تاکید بر سیلاب و زلزله پرداختند. در این تحقیق از مدل منطق فازی و AHP استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داده است که دو ایستگاه در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد در برابر زمین‌لرزه قرار دارند. آزادخانی و همکاران (۱۳۹۹) به شناسایی و تعیین پهنه‌های مناسب مخاطرات محیطی مؤثر در توسعه کالبدی شهر ایلام پرداختند. در این تحقیق از مدل‌های تاپسیس و AHP استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که مناطق جنوبی شهر ایلام، تناسب بیش‌تری جهت اهداف توسعه شهری دارند. مجموع نتایج حاصله از تحقیقات پیشین بیانگر این است که بسیاری از نواحی سکونتگاهی، در معرض وقوع مخاطرات طبیعی هستند و یکی از مهم‌ترین اقدامات در این زمینه، شناسایی مناطق مستعد وقوع مخاطره و سپس برنامه‌ریزی جهت کنترل و یا کاهش خسارات ناشی از آن است. با توجه به موارد مذکور، هدف از تحقیق حاضر شناسایی مناطق مستعد وقوع مخاطره زمین‌لرزه، حرکات دامنه‌ای و سیلاب در محدوده شهری رودهن و درنهایت تهیه نقشه مخاطرات این شهر است.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل محدوده شهری رودهن است که از نظر تقسیمات سیاسی در شهرستان دماوند و استان تهران قرار دارد. این شـــهربا جمعیت ۲۸۵۳۳ نفر، در دامنه‌های جنوبی البرز واقع شـــده و از نظر ژئومورفولوژی در واحدهای تپه‌ماهور، کوهستان و دشت سیلابی قرار گرفته است و همین مسئله سبب شده تا پتانسیل مخاطره‌پذیری بالایی داشته باشد. رودهن در ارتفاع حدود ۱۸۰۰ متری قرار دارد و موقعیت جغرافیایی آن سبب شده است تا این شهر دارای آب و هوای سرد و کوهستانی باشد. در شکل ۱ نقشه موقعیت شهر رودهن نشان داده شده است.



شکل ۱- نقشه موقعیت شهر رودهن

۲-۲-روش تحقیق

در این پژوهش به‌منظور دســـتیابی به اهداف مورد نظر از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر، نقشـــه زمین‌شـــناســـی ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشـه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، لایه‌های اطلاعاتی مربوط گسـل، کانون‌های زمین‌لرزه، راه ارتباطی و کاربری اراضی به‌عنوان اطلاعات تحقیق استفاده شده است. ابزار اصلی تحقیق شامل نرم‌افزار ArcGIS بوده است که به‌منظور تهیه نقشـه‌های مورد نظر اسـتفاده شـده اسـت. همچنین مدل‌های مورد اسـتفاده در تحقیق نیز شـامل مدل منطق فازی (به‌منظور فازی‌ســـازی، تلفیق و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی) و مدل ANP (به‌منظور وزن‌دهی به پارامترهای مورد

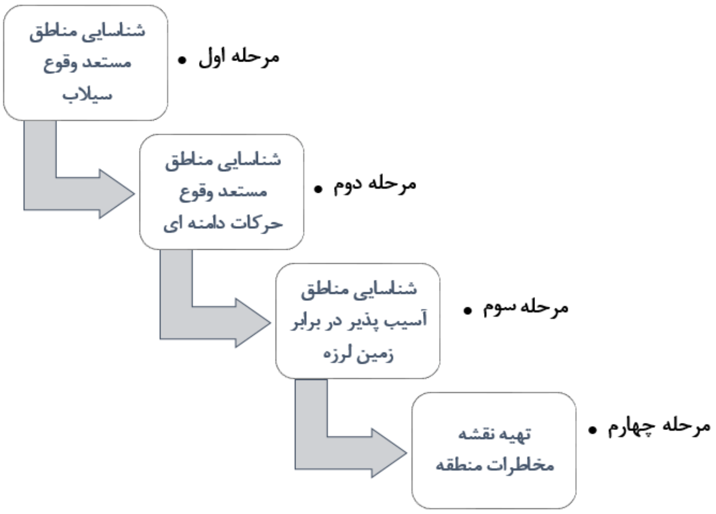
استفاده) بوده است. این تحقیق در چند مرحله انجام شده است (شکل ۲) که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

-مرحله اول (شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب): به‌منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب از ٦ پارامتر شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی و لیتولوژی استفاده شده است. روش کار به این صورت است که پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، به‌منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی فازی‌سازی شده است. پس از فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، با استفاده از مدل ANP به این لایه‌ها وزن داده شده است و سپس وزن به دست آمده بر روی لایه‌ها اعمال شده است. پس از وزن‌دهی به لایه‌ها، لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از مدل منطق فازی با هم ترکیب شده و درنهایت نقشه مناطق مستعد وقوع سیلاب تهیه شده است. در این پژوهش به‌منظور اجرای مدل ANP، از نرم‌افزار SuperDecisions و همچنین نظرات کارشناسان (۵ کارشناس ژئومورفولوژی) استفاده شده است.

-مرحله دوم (شناسایی مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای): به‌منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای از ۸ پارامتر شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، لیتولوژی و کاربری اراضی استفاده شده است. در این مرحله نیز پس از تهیه لایه‌ها و وزن‌دهی به آن‌ها، با استفاده از مدل منطق فازی، مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای شناسایی شده است.

-مرحله سوم (شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر زمین‌لرزه): به‌منظور شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین‌لرزه از ٤ پارامتر فاصله از کانون‌های زمین‌لرزه، فاصله از گسل، شیب و لیتولوژی استفاده شده است. در این مرحله نیز پس از تهیه لایه‌ها و وزن‌دهی به آن‌ها، با استفاده از مدل منطق فازی، مناطق آسیب‌پذیر در برابر زمین‌لرزه شناسایی شده است.

-مرحله چهارم (تهیه نقشه مخاطره منطقه): پس از شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر هر کدام از مخاطرات، در این مرحله نتایج حاصله با هم ترکیب شده و درنهایت نقشه مناطق مستعد وقوع هر مخاطره در محدوده مطالعاتی تهیه شده است.



شکل ۲- فلوچارت مراحل تحقیق

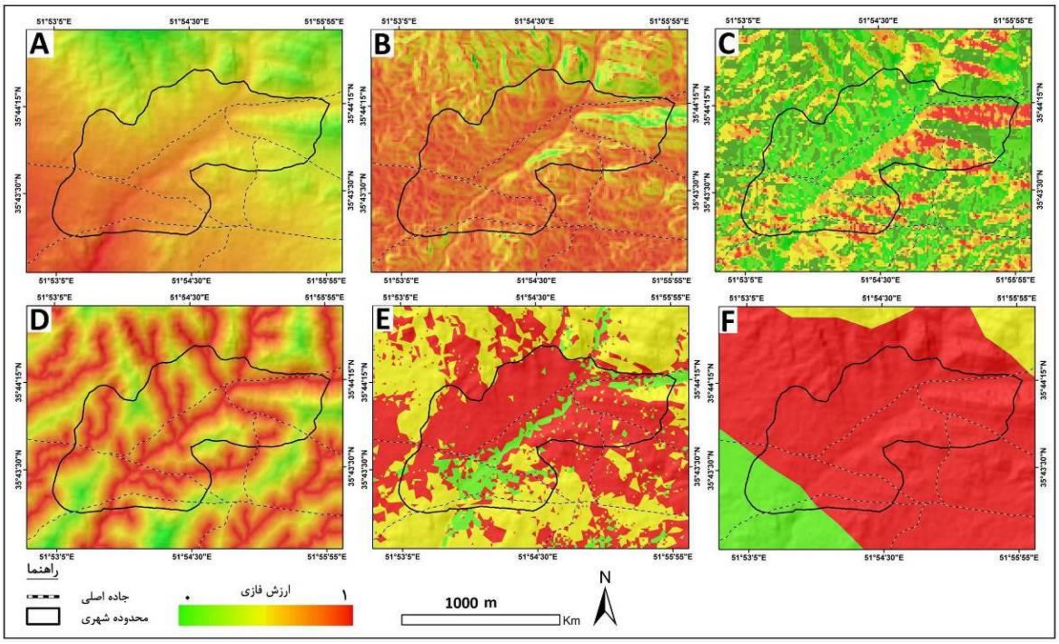
۳-نتایج و بحث

در این پژوهش به‌منظور شناسایی مناطق آسیب‌پذیر شهر رودهن در برابر مخاطرات سیلاب، حرکات دامنه‌ای و زمین‌لرزه از پارامترهای مختلفی استفاده شده که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

-شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب: در این پژوهش به‌منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب از ٦ پارامتر (ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی و لیتولوژی) استفاده شده است. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، بر مبنای پتانسیلی که هر لایه جهت وقوع سیلاب دارد، لایه‌ها فازی‌سازی و وزن‌دهی شده‌اند (جدول ۱ و شکل ۳). با توجه به اینکه مناطق کم ارتفاع و کم‌شیب پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارند، بنابراین در فازی‌سازی این لایه‌ها به مناطق کم ارتفاع و کم‌شیب ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق مرتفع و پرشیب ارزش نزدیک به صفر داده شده است. در فازی سازی جهات شیب، به جهات شیب شمالی به دلیل اینکه دارای رطوبت بیش‌تری هستند، ارزش نزدیک به ۱ و به جهات جنوبی به دلیل پتانسیل تبخیر بالا و رطوبت کم‌تر ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه فاصله از رودخانه به دلیل اینکه مناطق نزدیک به رودخانه دارای پتانسیل سیل‌خیزی بالایی هستند، به این مناطق ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دور از رودخانه ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه کاربری اراضی، به مناطق شهری به دلیل اینکه پتانسیل نفوذ کم‌تر و رواناب بیش‌تری دارند، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطقی که دارای پوشش‌گیاهی متراکم هستند، ارزش نزدیک به صفر داده شده است. همچنین برای لایه لیتولوژی، به مناطقی که دارای نفوذپذیری کم‌تری هستند (مانند سنگ‌های بازالتی) ارزش نزدیک به ۱ و به مناطقی که دارای نفوذپذیری بیش‌تری، ارزش نزدیک به صفر داده شده است.

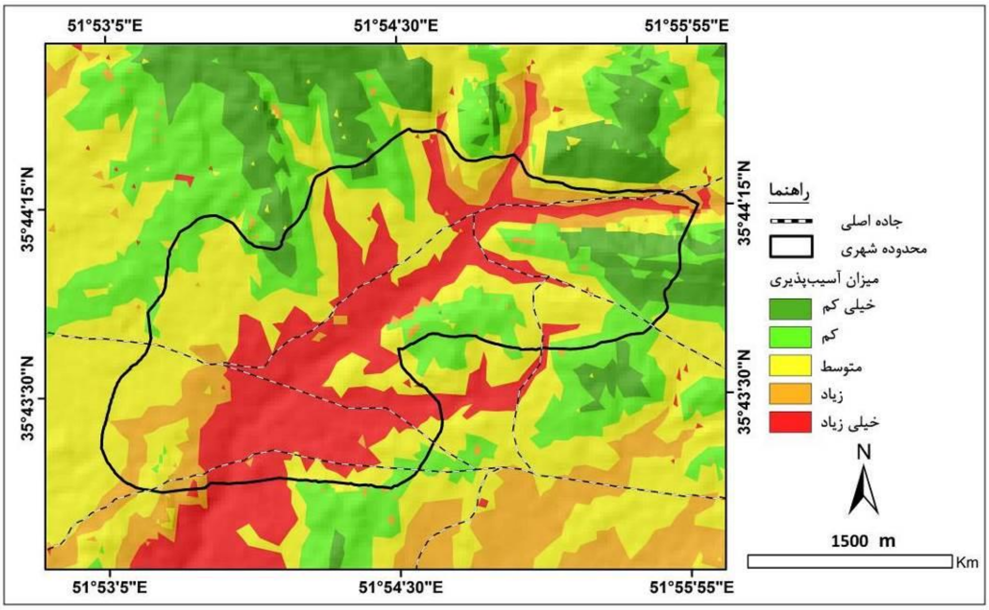
جدول ۱- نحوه فازی‌سازی و وزن‌دهی به پارامترها جهت شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب

ردیف	پارامتر	وزن	شکل
۱	ارتفاع	٠/١٦٨	A
۲	شیب	٠/٢٠١	B
٣	جهت شیب	٠/١٢٤	C
٤	فاصله از رودخانه	٠/٢٤٧	D
٥	کاربری اراضی	٠/١٣٩	E
٦	لیتولوژی	٠/١٢١	F



شکل ۳- فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی جهت شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب

پس از وزن‌دهی و فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، لایه‌ها با هم ترکیب شده و درنهایت نقشه مناطق مستعد وقوع سیلاب در محدوده شهری رودهن تهیه شده است (شکل ٤). بر اساس نقشه تهیه شده، مناطق میانی محدوده که منطبق بر رودخانه اصلی رودهن است، به دلیل نزدیکی به رودخانه، ارتفاع و شیب کم‌تر، دارای پتانسیل سیل‌خیزی بالایی هستند و مناطق حاشیه‌ای شهر به دلیل قرار گرفتن در دامنه‌ها و داشتن ارتفاع و شیب بیش‌تر و همچنین دور بودن از رودخانه، پتانسیل سیل‌خیزی کم‌تری دارند.



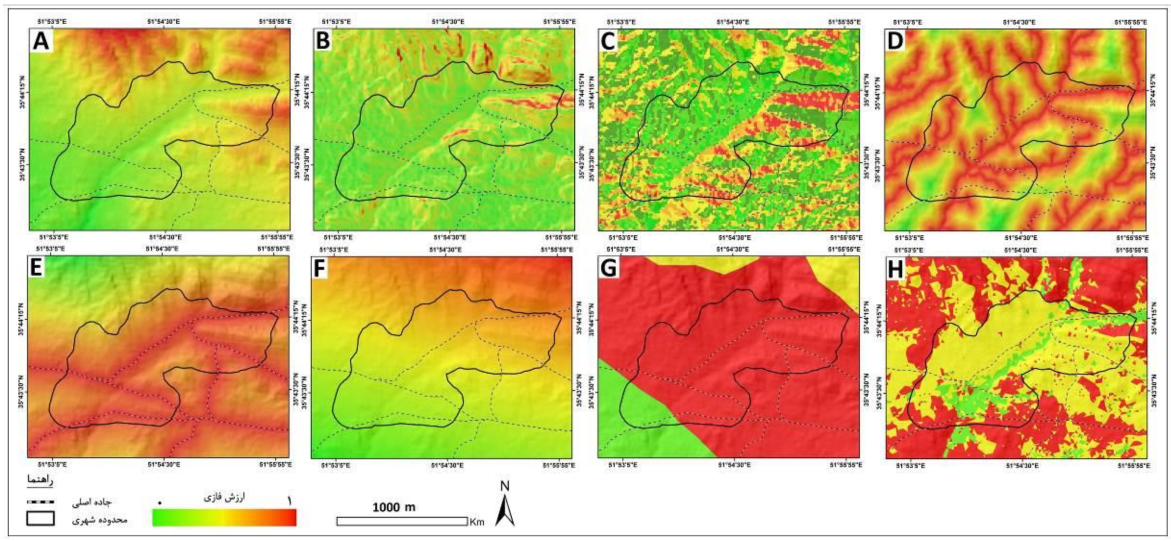
شکل ٤- نقشه مناطق مستعد وقوع سیلاب

-شناسایی مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای: در این پژوهش به‌منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای از ۸ پارامتر (ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از گسل لیتولوژی و کاربری اراضی) استفاده شده است. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، بر مبنای پتانسیلی که هر لایه جهت وقوع حرکات دامنه‌ای دارد، لایه‌ها فازی‌سازی و وزن‌دهی شده‌اند (جدول ۲ و شکل ۵). به‌منظور فازی‌سازی لایه‌های ارتفاع و شیب، به دلیل اینکه مناطق پرشیب و مرتفع پتانسیل بالایی جهت وقوع حرکات دامنه‌ای دارند، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق کم ارتفاع و کم شیب، ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه جهت شیب، به دلیل اینکه جهات شیب مرطوب‌تر هستند و احتمال لغزش در این مناطق بیش‌تر است، به جهات شیب شمالی ارزش نزدیک به ۱ و به جهات شیب جنوبی ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه رودخانه، به دلیل اینکه رودخانه سبب زیربری دامنه‌ها می‌شود و مناطق پایین‌دست را با فرسایش مواجه می‌کند، به مناطق نزدیک به رودخانه ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دورتر ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه فاصله از جاده، به دلیل اینکه توسعه جاده‌ها در مناطق کوهستانی سبب تخریب مناطق پایین‌دست دامنه می‌شود و زمینه را برای حرکات دامنه‌ای ازجمله زمین‌لغزش فراهم می‌کند، به مناطق نزدیک به جاده ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دورتر ارزش نزدیک به صفر داده شده است. برای لایه لیتولوژی، به مناطقی که دارای لیتولوژی سست (مانند شیل) هستند، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دارای لیتولوژی مقاوم (مانند بازالت) ارزش نزدیک به صفر داده شده است. همچنین برای لایه کاربری اراضی نیز به مناطق

دارای پوشـش گیاهی کم تراکم، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دارای پوشـش‌گیاهی متراکم، ارزش نزدیک به صـفر داده شده است.

جدول ۲- نحوه فازی‌سازی و وزن‌دهی به پارامترها جهت شناسایی مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای

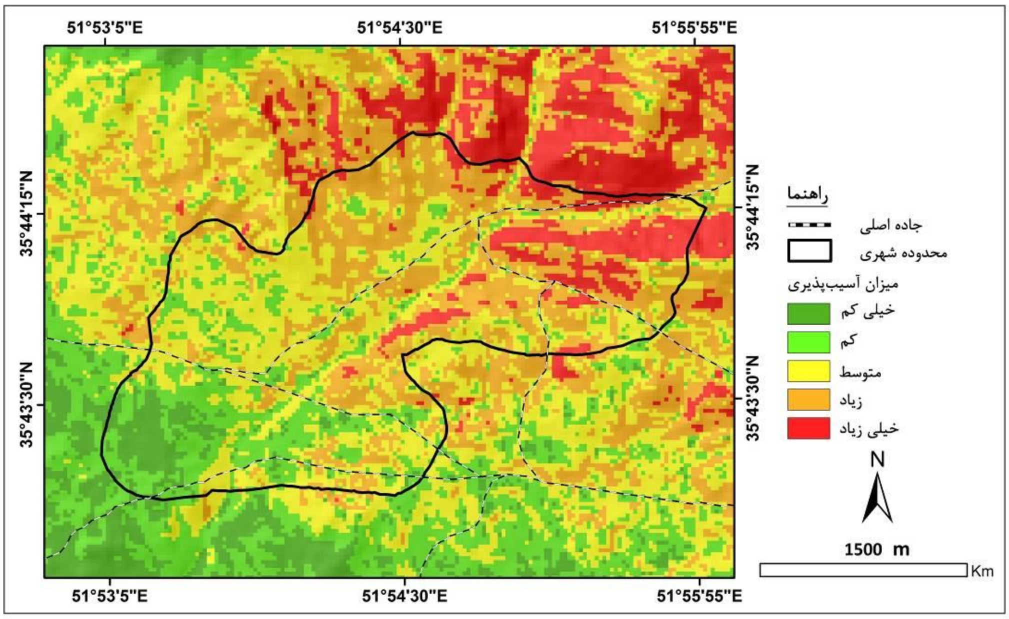
ردیف	پارامتر	وزن	شکل
۱	ارتفاع	۰/۰۹۶	A
۲	شیب	۰/۲۰٤	B
۳	جهت شیب	۰/۰۷۵	C
٤	فاصله از رودخانه	۰/۱۳۱	D
٥	فاصله از جاده	۰/۱٤٥	E
٦	فاصله از گسل	۰/۱۱٦	F
۷	لیتولوژی	۰/۱۱۲	G
۸	کاربری اراضی	۰/۱۲۱	H



شکل ٥- فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی جهت شناسایی مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای

پس از وزن‌دهی و فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، لایه‌ها با هم ترکیب شده و درنهایت نقشه مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای در محدوده شـهری رودهن تهیه شـده اسـت (شـکل ٦). بر اسـاس نقشـه تهیه شـده، مناطق شـرقی محدوده شـــهری رودهن به دلیل قرار گرفتن در دامنه‌های پرشـــیب و مرتفع و همچنین نزدیکی به رودخانه و جاده،

پتانسـیل بالایی جهت وقوع حرکات دامنه‌ای اسـت و در یک روند کلی این پتانسـیل به سـمت مناطق غربی محدوده شهر کاهش پیدا می‌کند.

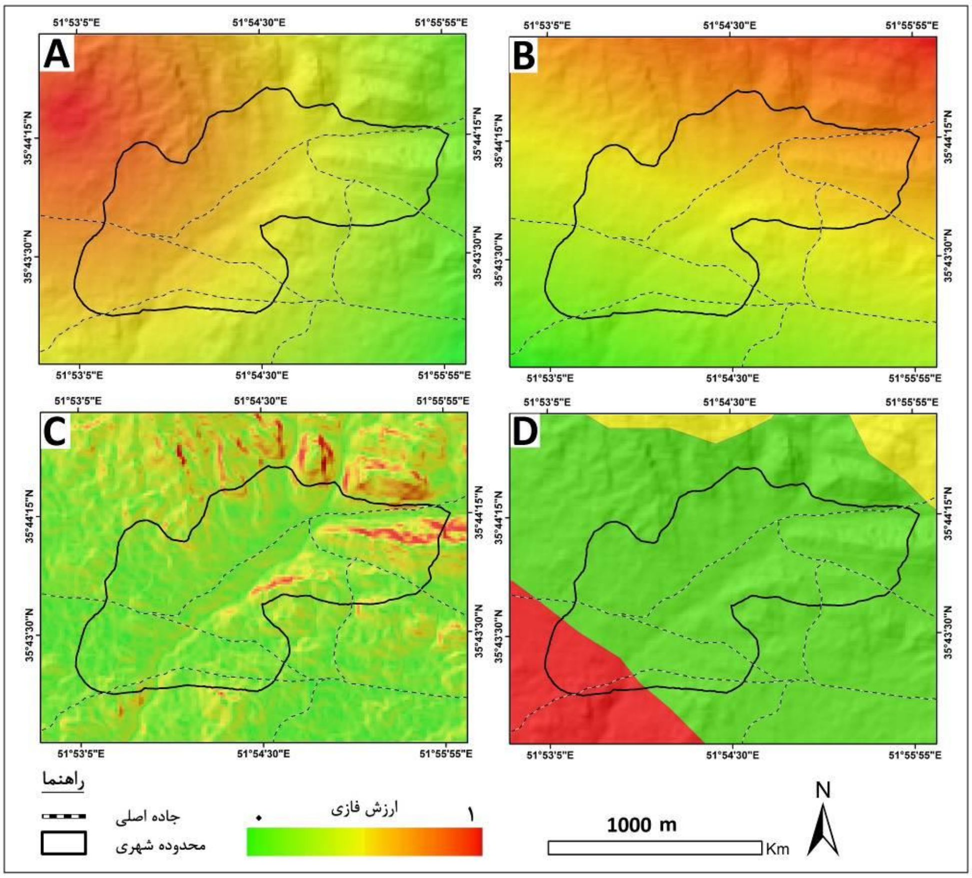


شکل ٦- نقشه مناطق مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای

-شـناسـایی مناطق آسـیب‌پذیر در برابر زمین‌لرزه: در این پژوهش به‌منظور شـناسـایی مناطق آسـیب‌پذیر در برابر زمین‌لرزه از ٤ پارامتر (فاصـله از کانون‌های زمین‌لرزه، فاصـله از گسـل، شـیب و لیتولوژی) اسـتفاده شـده اسـت. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، بر مبنای پتانسیلی که هر لایه جهت وقوع سیلاب دارد، لایه‌ها فازی‌سازی و وزن‌دهی شده‌اند (جدول ۳ و شکل ۷). با توجه به اینکه مناطق نزدیک به کانون‌های زلزله و خطوط گسـل، مستعد وقوع زلزله هستند، بنابراین به مناطق نزدیک به کانون‌های زلزله و خطوط گسـلی، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دورتر ارزش نزدیک به صفر داده شـده‌اسـت. برای پارامتر شیب، با توجه به اینکه مناطق مستعد پرشیب ناپایداری بالایی در برابر زلزله دارند، بنابراین به مناطق پرشیب ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق با شیب کم‌تر ارزش نزدیک به صفر داده شده است. همچنین نوع لیتولوژی نیز در میزان آسیب‌پذیری نقش مهمی دارد، به‌طوری‌که به مناطق دارای لیتولوژی سـست، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دارای لیتولوژی مقاوم، ارزش نزدیک به صفر داده شده است.

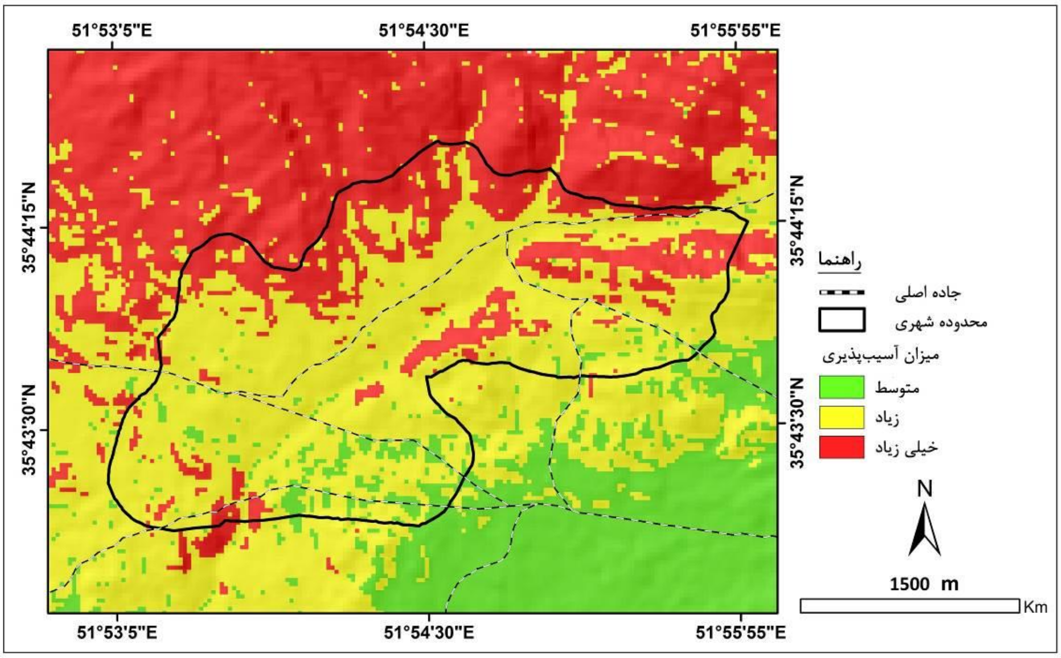
جدول ۳- نحوه فازی‌سازی و وزن‌دهی به پارامترها جهت شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر زمین‌لرزه

ردیف	پارامتر	وزن	شکل
۱	فاصله از کانون زلزله	۰/۲۱٦	A
۲	فاصله از گسل	۰/۲۲۹	B
۳	شیب	۰/۳۱۹	C
٤	لیتولوژی	۰/۲۳٦	D



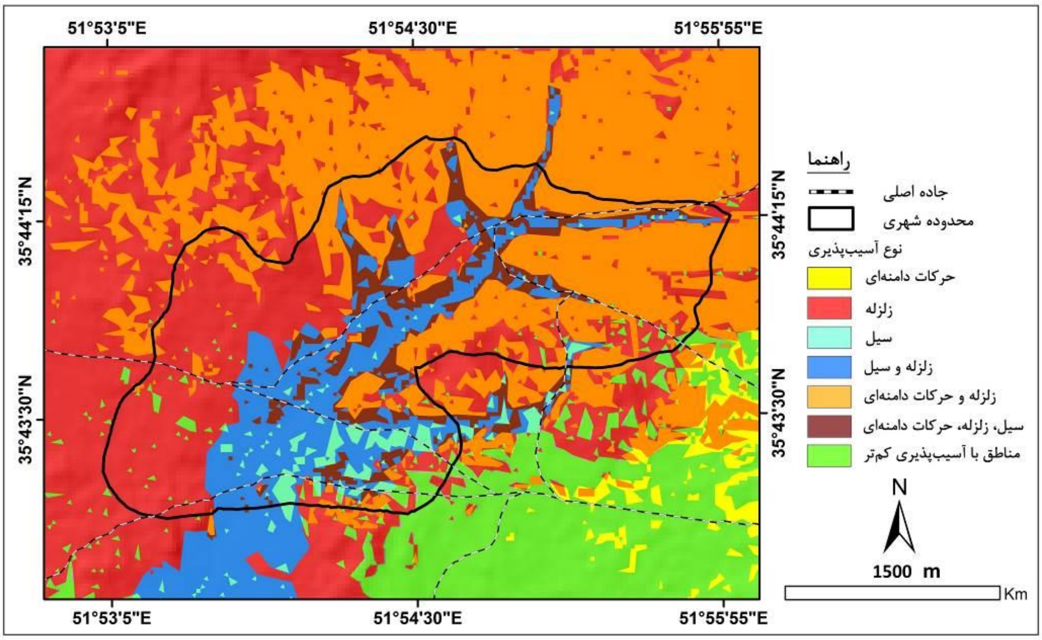
شکل ۷- فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی جهت شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر زمین‌لرزه

پس از وزن‌دهی و فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، لایه‌ها با هم ترکیب شده و درنهایت نقشه مناطق آسیب‌پذیر در برابر زمین‌لرزه در محدوده شهری رودهن تهیه شده است (شکل ۸). بر اساس نقشه تهیه شده، بخش‌های شمالی منطقه به دلیل نزدیکی به خطوط گسل، نزدیکی به کانون‌های زلزله و همچنین شیب زیاد، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی در برابر زلزله‌های احتمالی هستند.



شکل ۸- نقشه مناطق آسیب‌پذیر در برابر زمین‌لرزه

-تحلیل نتایج: بررسی وضعیت مخاطره‌پذیری شهر رودهن بیانگر این است که این شهر پتانسیل بالایی جهت وقوع انواع مخاطرات طبیعی ازجمله سیلاب، حرکات دامنه‌ای و زمین‌لرزه دارد. در این پژوهش مناطق مستعد وقوع هر کدام از مخاطرات مذکور شناسایی شد و در این بخش بر مبنای نتایج به دست آمده از مراحل قبل، نقشه مخاطرات محدوده شهری رودهن تهیه شده است (شکل ۹). بر اساس نقشه مذکور، بخش‌های غربی و شمالی شهر رودهن به دلیل نزدیکی به خطوط گسلی، کانون‌های زلزله و شیب زیاد، مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای و همچنین دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالا در برابر زمین‌لرزه هستند. بخش‌های میانی منطقه به دلیل نزدیکی به رودخانه، ارتفاع و شیب کم مستعد وقوع سیلاب هستند، همچنین این مناطق نیز پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی در برابر زمین‌لرزه دارند. همچنین بر اساس نقشه مذکور، بخش‌های جنوب شرقی محدوده مطالعاتی بر اساس پارامترهای مورد استفاده در تحقیق، نسبت به سایر مناطق محدوده، پتانسیل آسیب‌پذیری کم‌تری در برابر مخاطرات طبیعی دارند. با توجه به موارد مذکور، شهر رودهن دارای پتانسیل مخاطره‌پذیری بالایی است و راهکار عملیاتی آن، توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی متناسب با وضعیت منطقه است. درواقع، مقاوم کردن نواحی سکونتگاهی در برابر زمین‌لرزه و ممانعت از توسعه سکونتگاه‌ها به سمت مناطق مستعد وقوه حرکات دامنه‌ای و سیلاب، مهم‌ترین راهکار عملیاتی آن محسوب می‌شود.

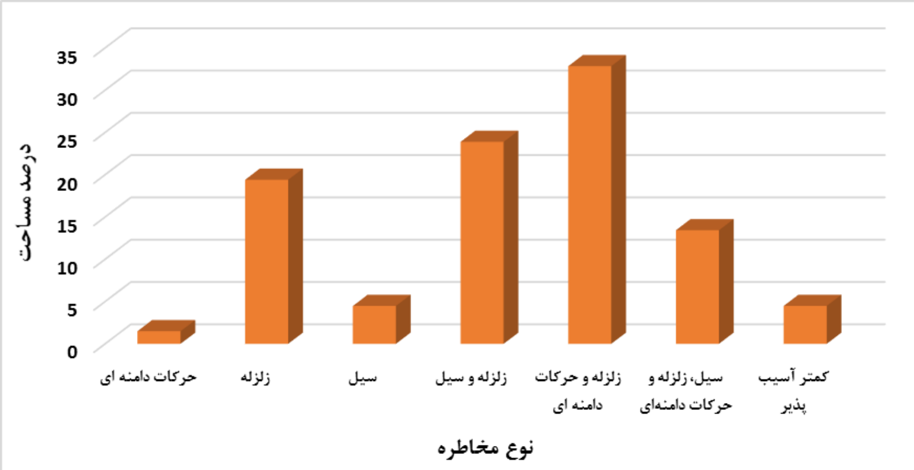


شکل ۹- نقشه مخاطرات محدوده شهری رودهن

در جدول ٤ و شکل ۱۰، مساحت و درصد مساحت محدوده شهری رودهن که در معرض هر کدام از مخاطرات قرار دارند نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصله، ۱/٥ درصد از مساحت شهر رودهن، بیش‌تر در معرض مخاطرات حرکات دامنه‌ای قرار دارد. ۱۹/٤ درصد از آن که شامل مناطق غربی این شهر است، پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی در برابر زلزله دارند. ٤/٥ درصد از آن که شامل مناطق مجاور رودخانه است، در معرض سیلاب قرار دارند. ۲۳/۹ درصد از آن که شامل مناطق میانی این شهر است در معرض سیل و زلزله قرار دارند. ۳۲/۸ درصد از آن که شامل مناطق شمالی و شرقی این شهر است در معرض زلزله و حرکات دامنه‌ای قرار دارد. ۱۳/٤ درصد از این شهر که عمدتاً شامل مناطق میانی این شهر است در معرض هر سه مخاطره قرار دارند و همچنین ٤/٥ درصد از محدوده این شهر نیز دارای پتانسیل آسیب‌پذیری کمی هستند. با توجه به موارد مذکور، حدود ۹٥ درصد از مساحت شهر رودهن دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی در برابر مخاطرات طبیعی است.

جدول ٤- مساحت و درصد مساحت مناطق آسیب‌پذیر شهر رودهن در برابر مخاطرات طبیعی

نوع مخاطره	حرکات دامنه‌ای	زلزله	سیل	زلزله و سیل	زلزله و حرکات دامنه‌ای	سیل، زلزله و حرکات دامنه‌ای	کم‌تر آسیب پذیر
مساحت	۰/۱	۱/۳	۰/۳	۱/٦	۲/۲	۰/۹	۰/۳
درصد مساحت	۱/٥	۱۹/٤	٤/٥	۲۳/۹	۳۲/۸	۱۳/٤	٤/٥



شکل ۱۰- نمودار درصد مساحت مناطق آسیب‌پذیر شهر رودهن در برابر مخاطرات طبیعی

٤-جمع‌بندی

مخاطرات محیطی همواره با خسارات جانی و مالی زیادی همراه هستند و همین مسئله سبب شده است تا بررسی مخاطرات و شناسایی مناطق مخاطره‌آفرین دارای اهمیت زیادی باشد. در مورد شناسایی مناطق مخاطره‌آفرین تحقیقات مختلفی صورت گرفته است، اما در این تحقیق، بر خلاف بسیاری از تحقیقات پیشین که به بررسی یک مخاطره پرداخته شده است، مخاطرات مختلف شهر رودهن ارزیابی شده است و درنهایت نقشه مناطق مستعد وقوع هر مخاطره در این شهر تهیه شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مناطق شمالی و غربی شهر رودهن به دلیل داشتن ارتفاع و شیب زیاد، نزدیکی به رودخانه و همچنین راه ارتباطی، پتانسیل بالایی جهت وقوع حرکات دامنه‌ای است. مناطق میانی این شهر نیز به دلیل نزدیکی به رودخانه اصلی، ارتفاع و شیب کم، پتانسیل بالایی جهت وقوع مخاطره سیلاب دارد. همچنین بخش‌های میانی و غربی محدوده نیز به دلیل نزدیکی به کانون‌های زلزله و خطوط گسل و همچنین به دلیل داشتن شیب زیاد، پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی در برابر مخاطره سیلاب دارند. با توجه به موارد مذکور، شهر رودهن پتانسیل بالایی جهت وقوع مخاطرات طبیعی دارد و به‌صورت کلی بخش‌های غربی و شمالی شهر رودهن به دلیل نزدیکی به خطوط گسلی، کانون‌های زلزله و شیب زیاد، مستعد وقوع حرکات دامنه‌ای و همچنین دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالا در برابر زمین‌لرزه هستند. بخش‌های میانی منطقه به دلیل نزدیکی به رودخانه، ارتفاع و شیب کم مستعد وقوع سیلاب هستند، همچنین این مناطق نیز پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی در برابر زمین‌لرزه دارند. همچنین بر اساس نقشه مذکور، بخش‌های جنوب شرقی محدوده مطالعاتی بر اساس پارامترهای مورداستفاده در تحقیق، نسبت به سایر مناطق محدوده، پتانسیل آسیب‌پذیری کم‌تری در برابر مخاطرات طبیعی دارند.

کتابنامه

امینی‌ورکی، سعید؛ مدیری، مهدی؛ شمسایی زفرقندی، فتح‌الله؛ قنبری نسب، علی؛ ۱۳۹۳. شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آن با استفاده از روش کیو. *فصلنامه پدافند غیرعامل*. دوره ۳. صص ۱۸-۵. https://www.joem.ir/article_11584.html

آزادخانی، پاکزاد؛ حسین‌زاده، جعفر؛ صیدی، روح‌الله؛ ۱۳۹۹. شناسایی و تعیین پهنه‌های مناسب مخاطرات محیطی مؤثر در توسعه کالبدی شهر ایلام. *مجله مخاطرات محیطی*. دوره ۹. شماره ۲۳. صص ۴۰-۱۹. https://doi.org/10.22111/JNEH.2019.28273.1484

بهاروند، سیامک؛ سارویی، حمزه؛ سوری، سلمان؛ ۱۳۹۶. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش ترکیب خطی‌وزن‌دار (مطالعه موردی: حوضه ده سفید لرستان). *فصلنامه جغرافیای طبیعی*. سال ۱۰. شماره ۳۵. صص ۸۶-۷۵. https://jopg.larestan.iau.ir/article_532550.html

تیموری، مهدی؛ اسدی نلیوان، امید؛ ۱۳۹۸. پهنه‌بندی حساسیت و اولویت‌بندی عوامل موثر بر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی (مطالعه موردی: استان لرستان). *مجله هیدروژئومورفولوژی*. دوره ٦. شماره ۲۱. صص ۱۷۹-۱۵۵. https://hyd.tabrizu.ac.ir/article_10115.html

رنجبر، محسن؛ بیات، سارا؛ ۱۳۸۹. بررسی مخاطرات طبیعی شهرستان خمین با تاکید بر زلزله و مدیریت بحران، *فصلنامه جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس*. سال ۲. شماره ٤. صص ٤۹-۳۷. https://www.sid.ir/paper/175735/fa

ساسان‌پور، فرزانه، آهنگری، نوید؛ حاجی‌نژاد، صادق؛ ۱۳۹٦. ارزیابی تاب‌آوری منطقه ۱۲ کلانشهر تهران در برابر مخاطرات طبیعی. *مجله تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. سال ٤. شماره ۳. صص ۹۸-۸۵. http://jsaeh.khu.ac.ir/article-۱-۲۷٥۱-fa.html

صفاری، امیر؛ هاشمی، معصومه؛ ۱۳۹٥. پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین‌لغزش با مدل‌های آنتروپی و منطق فازی (مطالعه موردی: شهرستان کرمانشاه). *فصلنامه جغرافیای طبیعی*. سال ۹. شماره ٤۳. صص ٦۲-٤۳. https://www.sid.ir/paper/501033/fa

قائدرحمتی، صفر؛ خادم‌الحسینی، احمد؛ سیاوشی، طاهره؛ ۱۳۹۲. تحلیل میزان ریسک پذیری سکونتگاه‌های شهری استان لرستان از خطر زلزله. *جغرافیا و آمایش شهری ـ منطقه‌ای*. سال ۹. شماره ۳. صص ١٤-۱. https://doi.org/10.22111/GAIJ.2014.1385

کاویانی‌راد، مراد؛ ۱۳۸۹. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی و بحران‌های بوم‌شناسی در ایران. *فصلنامه مطالعات راهبردی*. سال ۱۳. شماره ۲. صص ٥۷-۳۳. https://www.sid.ir/paper/92789/fa

کرمی، محمدرضا؛ امیریان، سهراب؛ ۱۳۹۷. پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهری ناشی از زلزله با استفاده از مدل Fuzzy-AHP (مطالعه موردی: شهر تبریز). *فصلنامه برنامه‌ریزی توسعه کالبدی*. دوره ٥. شماره ۲. صص ۱۲٤-۱۱۰. https://ensani.ir/fa/article/470321

گنجائیان، حمید؛ ۱۳۹۹. مخاطرات ژئومورفولوژیک مناطق شهری، روش‌های مطالعه و راهکارهای کنترل آن. *انتشارات انتخاب*. ۱٤٤ صفحه.https://www.gisoom.com/book/11628118

محمودزاده، حسن؛ موسی‌زاده، عهدیه؛ ۱۳۹۹. ارزیابی مکان‌گزینی مسیرهای مترو کلان‌شهر تبریز نسبت به مخاطرات طبیعی با تاکید بر سیلاب و زلزله. *مجله مخاطرات محیطی*. دوره ۹. شماره ۲٦. صص ۱۱۰-۹۱. https://doi.org/10.22111/JNEH.2020.32430.1587

Bednarik, M., Magulova, B., Matys, M., Marschalko, M., 2010. Landslide SusceptibilityAssessment of the Kralˇovany–Liptovsky´ Mikulaš Railway Case Study, *Physics and Chemistry of the Earth*, V 35, pp: 162-171. https://doi.org/10.1016/j.pce.2009.12.002

Bourenane, H., Bouhadad, Y., Guettouche, M.S., 2019. Flood hazard mapping in urban area using the hydrogeomorphological approach: case study of the Boumerzoug and Rhumel alluvial plains (Constantine city, NE Algeria), *Journal of African Earth Sciences*, V 160.https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103602

Bronfman, N. C., Cisternas, P. C., Repetto, P .B. Castañeda, J. V., 2019. Natural disaster preparedness in a multi-hazard environment: Characterizing the sociodemographic profile of those better (worse) prepared, *PLoS One*, V 14 (4). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214249

Dintwa, K. F., Letamo, G., Navaneetham, K., 2019. Quantifying social vulnerability to natural hazards in Botswana: An application of cutter model. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. V 37. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101189

Duszyński, F., Jancewicz, K., Kasprzak, m., Piotr, M., 2017. The role of landslides in downslope transport of caprock-derived boulders in sedimentary tablelands, Stołowe Mts, SW Poland, *Geomorphology*, V 295, pp: 84–101.https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.06.016

Mia, M. T., Sultana, N., Paul, A., 2016. Studies on the Causes, Impacts and Mitigation Strategies of Landslide in Chittagong city, Bangladesh. *J. Environ. Sci*. V 8 (2), pp: 1-5. https://doi.org/10.3329/jesnr.v8i2.26854

Pelling, M., 2003. The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience, *Earthscan Publications Ltd, London*.https://doi.org/10.3329/jesnr.v8i2.26854

Qiang, Y., Nina, S.N., Lam, H. C., Lei, Z., 2017. Changes in Exposure to Flood Hazards in the United States, *Annals of the American Association of Geographers*, V 107. https://doi.org/10.1080/24694452.2017.1320214

Soriano, D. G., Roman, A. Q., Orozco, J. J. Z., 2020. Geomorphological hazards susceptibility in high-density urban areas: A case study of Mexico City, *Journal of South American Earth Sciences*, and V 102.https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102667

Tang, A & Wen, A., 2009. An Intelligent Simulation System for Earthquake Disaster Assessment, *Computers & Geosciences*, V 35, pp: 871– 879 . https://doi.org/10.1016/j.cageo.2008.03.003